

**Секция 5. ГЕОЛОГИЯ НЕФТИ И ГАЗА. СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ  
ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ.  
ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В ГЕОЛОГИИ НЕФТИ И ГАЗА**

**331**

6. Тихонов А.Н. Уравнения математической физики. – М.: Наука, 1977. – 735 с.
7. Яковлев А.Н. Введение в вейвлет-преобразования. – Новосибирск. НГТУ, 2003. – 104 с.
8. COMSOL Multiphysics Simulation Software. URL: <http://www.comsol.com/products/multiphysics>

**ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ НЕФТЕНОСНОСТИ  
БАЖЕНОВСКОЙ СВИТЫ**

**Ф.Г. Кудинов**

Научный руководитель доцент Г.Г. Номоконова

**Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
г. Томск, Россия**

Баженовская свита имеет большое значение в геологическом строении и нефтеносности Западной Сибири. Она является региональной покрывкой для Верхнеюрского нефтегазового комплекса (НГК, пласты горизонта Ю1), сильным отражающим сейсмическим горизонтом, геофизическим репером в разрезах скважин. Битуинозные отложения баженовской свиты считаются источником нефти для выше и ниже расположенных пластов-коллекторов [1], а также источником, так называемой, сланцевой нефти в самой свите [2]. Добыча сланцевой нефти из геолого-геофизического аналога баженовской свиты - формации Баккен вывела США на передовые позиции в экспорте этого полезного ископаемого.

В настоящей работе излагаются результаты анализа данных геофизических исследований скважин (ГИС) на Федоровском нефтяном месторождении (Сургутский район). Состав пород баженовской свиты – битуминозные карбонатно-кремнисто-глинистые. В качестве объектов исследования были выбраны две скважины с разной продуктивностью пластов горизонта Ю1: преимущественно водоносная (скв. 1-В) и преимущественно нефтеносная (скв. 2-Н). В разрезах обеих скважин в кровельной части баженовской свиты размещены нефтяные прослойки. Интервал исследования: юрские отложения, включающие пласты горизонтов Ю1 и Ю2 и баженовскую свиту, а также выше залегающие отложения мегийонской свиты (нижний мел).

Комплекс геофизических исследований скважин включал: методы электрического сопротивления (БК, КС); индукционный каротаж (ИК, ВИКИЗ); нейтронный каротаж по тепловым нейтронам (НКТ); гамма-каротаж (ГК) и спектрометрический гамма-каротаж (СГК); плотностной каротаж (ГГК-п); акустический каротаж (измеряемый параметр – интервальное время  $\Delta T$ ).

Результаты анализа приведены на рис. 1, 2 и в табл.

**Таблица**

**Медианы значений геофизических параметров  
пород баженовской свиты**

	U, 10 <sup>-4</sup> %	Th, 10 <sup>-4</sup> %	K, %	КС, Ом	ГГК, г/см <sup>3</sup>	ГК, мкР/ч	НКТ, у.е.	$\Delta T$ , мс/м
Скв.1-В	48,00	10,16	2,10	62,82	2,26	40,82	3,60	334,22
Скв.2-Н	54,06	7,73	1,55	110,54	2,12	50,77	2,42	349,26

На фоне вмещающих отложений породы баженовской свиты выделяются следующими геофизическими особенностями:

- аномально высокой радиоактивностью (ГК > 50 мкР/ч) исключительно урановой природы, при этом урана на порядок больше, а калия и тория – в разы меньше, чем во вмещающих баженовскую свиту породах;
- высоким удельным электрическим сопротивлением (КС > 100 Ом м), которое в сочетании с высокой радиоактивностью не встречается нигде в остальной части разреза Западной Сибири и является уникальным свойством баженовской свиты;
- низкими значениями плотности ( $B = 1,8-2,5$  г/см<sup>3</sup>) и повышенными – интервального времени (по акустическому каротажу);
- расхождением показаний разноглубинных зондов ВИКИЗ с принципиально иным, чем у коллекторов, соотношением электрических сопротивлений.

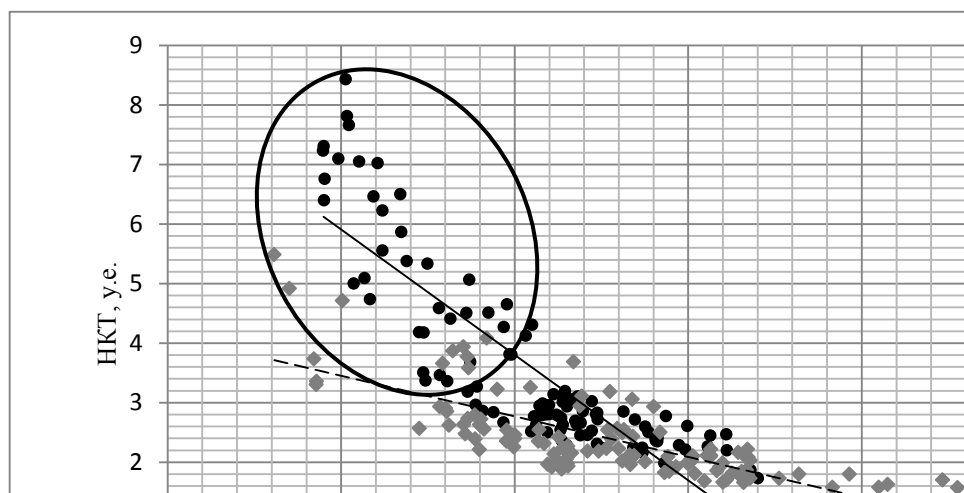
Корреляционный анализ значений геофизических параметров показал, что тесные статистические связи с относительно высоким коэффициентом надежности линейной аппроксимации ( $R^2$ ) наблюдаются в следующих парах:

- с положительными связями  $\rightarrow U-ГК$  ( $R^2 > 0,84$ );  $НКТ-ГГК-п$  ( $> 0,60$ );  $\Delta T-ГК$  ( $> 0,55$ );
- с отрицательными связями  $\rightarrow ГГК-ГГК-п$  ( $> 0,62$ );  $\Delta T-НКТ$  ( $> 0,62$ );  $НКТ-ГК$  ( $> 0,658$ ).

Как следует из результатов корреляционного анализа наиболее информативным параметром баженовской свиты является естественная радиоактивность (гамма-каротаж) – ее базовое отличительное свойство. Естественная радиоактивность (ГК) имеет самые тесные связи с остальными относительно информативными параметрами: плотность, интервальное время и показания нейтронного каротажа.

Судя по набору геофизических параметров, с учетом характера (знака) связи между этими параметрами они отображают развитие в породах двух процессов, которые влияют на литологический состав и геофизическую характеристику пород баженовской свиты. Это процесс карбонатизации пород: увеличение показаний НКТ и ГГК-п и понижение U, ГК,  $\Delta T$ , и процесс битуминизации, вызывающий противоположное

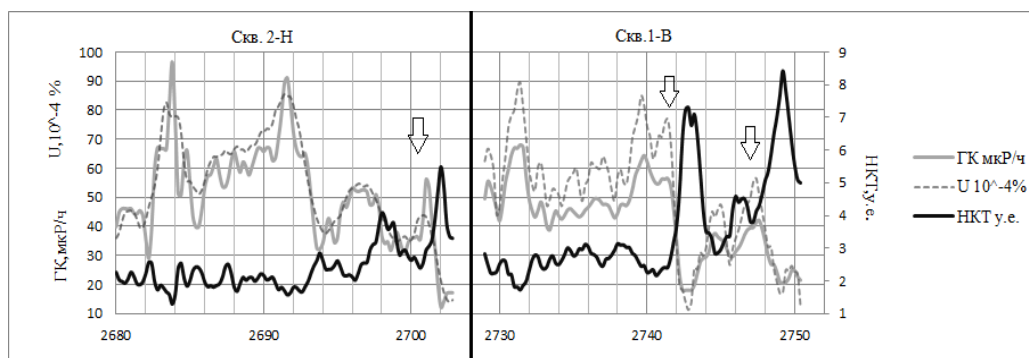
изменение геофизических параметров пород баженовской свиты. Данные рис. 1 и таблицы указывают на то, что породы баженовской свиты более карбонатизированы в разрезе водоносной скважины (1-В), а более битуминизированы – в нефтеносной (2-Н).



**Рис. 1. Поле корреляции показаний гамма-каротажа и нейтронного каротажа в границах баженовской свиты. Выделена область точек корреляции, соответствующая карбонатизированным породам**

Геофизические параметры и соответствующие процессы закономерно изменяются по разрезу баженовской свиты. Генеральная закономерность заключается в том, что в вертикальном направлении, от подошвенной части свиты к кровельной в среднем растут удельное электрическое сопротивление (УЭС), естественная радиоактивность, содержание урана и интервальное время, а плотность и показания НКТ – уменьшаются. Таким образом, по геофизическим данным нижние части разрезов баженовской свиты в обеих скважинах более карбонатизированы, а верхние более битуминизированы.

На этом фоне наблюдается локальные изменения геофизических параметров, подтверждающие сопряженность названных процессов. Особенно хорошо это видно в разрезе водоносной скважины 1-В (рис. 2). В интервалах разреза 2742-44 и 2748-50 метров (максимум НКТ, минимум содержания урана и ГК) – зона карбонатизации, а на фронте ее (выше по разрезу) – зона с аномалиями урана и ГК противоположного знака. Последней также соответствует повышение интервального времени и понижения плотности, что определенно указывает на битуминизацию пород. Из разреза рис. 2 видно, что в вертикальном разрезе закономерно изменяется не только средний уровень геофизический параметр, но и изменение амплитуды положительных и отрицательных их аномалий.



**Рис. 2. Изменение геофизических параметров по сравниваемым разрезам скважин, показывающее пространственное соотношение зон карбонатизации и битуминизации пород баженовской свиты.**

Особое внимание следует обратить на изменение по разрезу баженовской свиты удельного электрического сопротивления (УЭС). Как выше отмечено, УЭС растет от подошвы свиты к кровле и в целом оно совпадает с ростом радиоактивности (показаний ГК), так что верхняя часть свиты является одновременно и более радиоактивной, и более высокоомной. Битуминизированные породы, благодаря их гидрофобности, имеют высокое УЭС. Однако в отличие от остальных рассмотренных геофизических параметров, УЭС с ними не имеет тесных статистических связей, хотя области понижения и повышения параметров в целом совпадают. При этом наиболее низкие значения коэффициентов  $R^2$  характерны для разреза именно нефтеносной скважины.

Выявленные факты можно объяснить лишь тем, что методы электрического сопротивления отражают не столько битуминизацию пород как потенциально нефтеносных, сколько саму нефтенасыщенность баженовской свиты. В пользу этого заключения говорит также следующее: нефтеносные пропластки (сланцевая нефть) размещены в области высокого электрического сопротивления пород баженовской свиты, которое в разрезе нефтеносной скважины (2-Н) значительно выше, чем в скважине 1-В (табл.).

Таким образом, выявлены следующие геофизические и геохимические особенности баженовской свиты в нефтеносных разрезах: а) более высокие электрическое сопротивление, естественная радиоактивность, содержание урана; б) пониженные плотность, показания нейтронного каротажа, содержания тория и особенно калия; в) практическое отсутствие корреляционных связей электрического сопротивления с остальными геофизическими параметрами.

#### Литература

1. Конторович А.Э., Меленевский В.Н., Костырева Е.А. и др. Нефтематеринские формации Западной Сибири: старое и новое видение проблемы. /Органическая геохимия нефтепроизводящих пород Западной Сибири. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1999. – С. 10-12.
2. Нетрадиционная нефть: станет ли Бажен вторым Баккеном? /Г. Выгон, А. Рубцов, С. Кулаков и др. – М.: Энергетический центр Московской школы управления СКОЛКОВО, 2013. – 68 с.

### ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И УГЛЕВОДОРОДНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВОМОРСКОГО ШЕЛЬФА НА ОСНОВЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

**Д.С. Никитин, А.В. Бондарев**

научный руководитель профессор М.Д.Хуторской

*Геологический институт Российской академии наук, г. Москва, Россия*

В последнее десятилетие получены новые данные о строении осадочного чехла северной части Баренцевоморского шельфа. Одним из перспективных методов исследования нефтегазоносных систем, структурно-тектонических особенностей и распределения геофизических полей является структурированное и комплексное пространственное моделирование. На основании полученной информации в работе предложена пространственная модель нефтегазоперспективности северо-восточной части Баренцевоморского шельфа. Предложенная модель строения и формирования нефтегазоносности исследуемой акватории предоставляет уникальную возможность для анализа истории развития и оценки перспектив нефтегазоносности, а также позволяет оперативно выполнять раздельный прогноз нефтегазоносности по мере поступления новой информации.

Геолого-экономическое значение акваторий Арктических морей обуславливается существующими значительными нефтегазовыми ресурсами шельфовых осадочных бассейнов и будет возрастать по мере освоения уже открытых и выявления новых месторождений.

Баренцевоморский регион сегодня является одним из наиболее перспективных нефтегазоносных осадочных бассейнов Российской Федерации. Его геолого-геофизическое изучение начато сравнительно недавно, в середине 70<sup>х</sup> годов прошлого века. За прошедшее время были выполнены региональные и площадные геолого-геофизические исследования, пробурен ряд параметрических и поисковых скважин, открыто 11 месторождений углеводородов и ведется подготовка к их промышленному освоению. В то же время многие вопросы эволюции бассейна и оценка перспективности основных нефтегазоносных комплексов остаются неясными. Изученность бассейна буровыми работами крайне неравномерна, к тому же большая часть скважин пройдена практически без отбора керна.

Для уточнения геологического строения и перспектив нефтегазоносности восточного борта Северо-Баренцевской впадины в течение 2006 и 2007 г.г. ОАО МАГЭ была отработана региональная сеть (25х35 км) комплексных геофизических профилей общим объемом 7000 пог. км. Комплекс региональных геофизических исследований включал сейсморазведку МОВ ОГТ 2D, надводную гравиметрию и дифференциальную гидромагнитометрию. Исследования, проведенные в этом очень слабо изученном регионе, позволили существенно уточнить его геологическое строение [5], провести более обоснованное структурно-тектоническое и нефтегазоперспективное районирование [4], сделать уточненный прогноз нефтегазового потенциала [3].

Учитывая большое количество выявленных перспективных структур в исследуемой акватории (23 локальных объекта), необходимо определить направления поиска преимущественно нефтяных месторождений и наметить зоны возможного преимущественного нефтенакпления. В этих условиях, при низкой изученности бурением, перед авторами была поставлена задача прогнозирования нефтегазоносности северо-восточной части Баренцевоморского шельфа с помощью специализированного программного комплекса.

Таким образом, в данной работе методика исследований предполагала сочетание традиционных подходов к сбору, анализу, интерпретации геолого-геофизической информации, с одной стороны, и применению самых современных компьютерных технологий - с другой.